

A SEJTEK EGYENLŐTLEN OSZTÓDÁSÁNAK GYAKORISÁGA A NÖVÉNYI MIKROSZERVEZETEK VILÁGÁBAN

Írta: KISS ISTVÁN

I. Bevezetés

A fejlettebb növénytípusok körében a sejtek egyenlőtlen (inekvális) osztódása elterjedt jelenség, s. gyakran úgy lép fel, mint a szöveti differenciálódás törvényszerű alapja. Erre vonatkozólag számos példa ismeretes.

Beszélni szokás a plasztidák és az örökítő tényezők egyenlőtlen elosztódásáról, valamint a szövetek differenciálódásához vezető egyenlőtlen sejtosztódásról. A plasztidák egyenlőtlen elosztódásának eredményeként ismeretes a fehér- és zöldfoltosság néhány esete. A „fehértarkaság” e formájának az a magyarázata, hogy az osztódó sejtben levő normális és szintelen plasztidák teljesen elkülönülten kerülnek át az utódsejtekbe, azaz az egyik utódsejt csak zöld és egészséges, a másik viszont csak szintelen plasztidákat kap. Az is előfordulhat, hogy az egyik utódsejt egyáltalán nem kap szintesteket. Az *Anthoceros* moha antheridiumának differenciálódásánál ez törvényszerű jelenség. Megtörténhet az is, hogy az osztódó sejt egyik pólusára több plasztida kerül mint a másikra, így az egyik sejt egészséges zöld szintestben gazdagabb lesz. Az öröklődési tényezők egyenlőtlen elosztódása is lehetséges, de itt a magyarázat még nem egységes. A dohányynál megfigyelték, hogy az egyik kromoszóma helyett csak egy gyűrűszerű fragmentum fordul elő, amely a sejtosztódásnál kettéosztódik, de nem egyenlően oszlik el, hanem mindkét gyűrűszerű képződmény az egyik utódsejtbe kerül. Ezzel párhuzamosan a szíromlevelekben eltérő színeződés jelentkezik; a duplagyűrűs esetben a szírmok sötétcsíkosak lesznek, a gyűrűnélküli esetet viszont a fehércsíkoltság jellemzi. Egyesek lehetségesnek tartják az ún. szomatikus „crossing-over” jelenségét is.

A normális differenciálódáshoz vezető egyenlőtlen sejtosztódásnak sok esete ismeretes. A zárvatermők embriószákanyasejtjének redukciós osztódásával négy haploid sejt keletkezik, amelyek közül azonban csak egy marad meg, a másik három felszívódik. A megmaradó embriószák-sejt hármas osztódással létrehozza az embriószák nyolc sejtjét. Egy más között azonban ezek sem teljesen egyenlők. A petekészülék három sejtjénél különösen kihangsúlyozódik a petesejt különböző volta, ennél marad csak meg a jellegzetes sárgászöld pigmentanyag. A keletkezett zigóta első osztódása is egyenlőtlen eredményre vezet: az egyik sejt létrehozza a csírafüggesztőt, a másikkól pedig az embrió alakul ki. Az első pollenszemmitózis is két eltérő sejtmagot eredményez. Az egyik a generatív mag, amely kisebb és kromatikus állományban gazdagabb, a másik a vegetatív nukleusz, amely nagyobb és lazább szerkezetűnek mutatkozik. GEITLER szerint ennek az az oka, hogy az előbbi mag kisebb

menyiségű és sűrű, az utóbbi pedig nagyobb mennyiségű és vakuolizált citoplazmába ágyazódik be. Egyenlőtlen osztódások révén differenciálódnak ki a dermatogénből és a protodermából a gyökérszőrök és a sztomák is. A májmohák archesporiumában hasonlóan jönnek létre az eláterek és a spórák. Valamely sejt osztódásakor az egyik sejt osztóképeségét elveszíti és eláteret képez, a másik viszont tovább osztódik spórákká. Az endodermiszben az áteresztő sejtek, a háncsrészben a rostacső és a kísérősejt szintén inekvális osztódások eredményei. Az algák világában a *Chara*-félék szegmentumsejtjei ugyancsak jó példák az egyenlőtlen osztódásra. A csúcssejtről lefűződő szegmentumsejtek egy szomatikus és egy embrionális sejtre osztódnak. A szomatikus sejt nem osztódik tovább, hanem erősen növekedik, az embrionális sejt ezzel szemben nódusokat, illetve „levél”- és „sarj”-képződményeket hoz létre.

Az utóbbi három évtized során megállapítást nyert, hogy az egyenlőtlen sejtosztódás a növényi mikroszervezeteknél is előfordul. Itt természetesen nem a szöveti differenciálódásnak, hanem az új alakok létrejöttének, illetve általában a variabilitásnak lehet egyik alapjelensége. A citomsav felhasználására képes *Escherichia coli* pl. egyenlőtlen osztódás révén két irányban is változhat. Az egyik irányban a citomsavat felhasználó képesség eltűnik véglegesen, a másik irányban viszont csak átmenetileg, mert ez utóbbi a kiindulási alak újbóli létrehozására képes. E jelenség magyarázataként feltételezték, hogy valamely öröklődési tényező nem osztódik, s így az csak az egyik utódsejtnak válik részesevé, vagy bár osztódik az öröklődési faktor, de mindkettő az egyik sejtbe kerül. Osztódó baktériumoknál felléphetnek morfológiai különbségek is az utódsejtek között. Az ún. heteromorf osztódás esetén a két utódsejt mérete különböző. Ez főként idős tenyészetekben jelentkezik.

Az utóbbi időben az algák egyenlőtlen sejtosztódásának kérdése is felmerült. POLJANSKIJ a fajról szóló előadásában kiemelte BRASZLAVSZKAJA ide vonatkozó vizsgálatait, amelyek szerint az *Euglena*-félék osztódásánál a keletkező két utódsejt nem azonos értékű. LANGE-ROVÁ [16, 17] csehszlovák kutató a *Mesotaenium caldarium* egysejtű zöldalgánál megállapította, hogy az osztódásnál keletkező két utódsejt között a morfológiai különbség elsősorban a hosszúságban mutatkozott. Funkcióbeli különbséget is megállapított, ami elsősorban abban nyilvánult, hogy a két utódsejtnak az újbóli osztódáshoz különböző hosszú időre van szüksége. Azt találta, hogy a később osztódó sejtek rövidebbek. Ionizációs sugárzásra a rövidebb sejt nagyobb érzékenységet mutatott. A besugárzás hatása a sejt abszolút hosszával áll kapcsolatban. A sejtek hosszának növekedésével a sugárzás károsító hatása csökken.

II. Saját vizsgálatok ismertetése

Az egysejtű növényi mikroszervezetek körében előforduló egyenlőtlen osztódásra a nagyfokú variabilitás terelte a figyelmemet. Első ízben 1931-ben tűnt fel előttem, hogy az *Euglena*-, *Phacus*- és *Trachelomonas*-félék vízvirágzaiban a variabilitás olyan nagymérvű lehet, hogy a bioszesztonban a típustól eltérő szervezetek vannak túlsúlyban. Ez a jelenség csupán a környezet-hatás különbségének feltételezésével nem volt értelmezhető, hiszen azonos időpontban és azonos térben az illető species egyedei azonos körülmények között tenyészttek. Viszont ennek ellenére igen gyakran jelentkeztek fejlődésbeli rendellenességek, amelyek az egyedi fejlődés és a sejtosztódás tanulmányozását indokolták. Különös jelentősége mutatkozott ennek a *Trachelomonas* körében. A sejtosztódások tanulmányozásakor arról győződhettem meg, hogy a sejtek egyenlőtlen osztódása olykor gyakoribb volt, mint az egyforma utódsejteket létrehozó osztódás.

A *Trachelomonas crebea* és a *Trachelomonas scabra* egyenlőtlen osztódásait 1934—35-ben mind a természetes bioszesztonban, mind a kultúrákban igen gyakoriaknak találtam. Ez részemre akkor különösen sok nehézséget okozott, mert disszertációmát készítettem, s akkor az volt az általános felfogás, hogy az anyasejt osztódásából keletkező utódsejtek egymással teljesen egyenlő értékűek. Nálam pedig az egyenlőtlen osztódások szinte gyakoribbak voltak mint az észlelhetőleg „normálisak”. Eleinte úgy látszott, hogy a „rendellenes-

ségeket“ nagy tömegük ellenére is el kell hagynom. Észleléseimet azonban részben mikroszkópi fényképfelvételek, részben kultúra-preparátumok segítségével igazolni, illetve újból bemutatni tudtam, s így 1939-ben az ide vonatkozó megfigyeléseim teljes egészükben nyomtatásban is megjelenhettek [4]. Az 1934—35-ben végzett *Trachelomonas*-vizsgálataimat néhány évvel később jelentősen kiegészíthettem. Ismételten azt tapasztaltam, hogy olykor minden osztódásnál volt valamilyen különbség az utódsejtek között.

Az eddigiek során egyenlőtlen sejtosztódást észleltem vagy vizsgáltam a következő növényi mikroszervezeteknél: *Gomphosphaeria*, *Chamaesiphon*, *Nostoc*, *Nodularia*, *Xenococcus*, *Oscillatoria*, *Euglena*, *Phacus*, *Trachelomonas*, *Strombomonas*, *Botryococcus*, *Chlamydomonas*, *Chlorogonium*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Ulothrix*, *Stigeoclonium*, *Cladophora*, *Spirogyra*.

Vizsgálataim során általában arra a tapasztalatra jutottam, hogy az osztódások igen gyakran akkor is egyenlőtlenek, ha azt feltűnőbb morfológiai bélyeg nem árulja el, illetve ha az első pillanatra nem észlelhető. Az alig észlelhető morfológiai különbségek, illetve az élettani vonatkozásokban „rejtett“ egyenlőtlenségek azonban nyilvánvalóvá válnak „megnehezített“ életkörülmények között, azaz különösen kedvezőtlen körülmények hatására. Ilyenkor az egyébként csak közvetetten, azaz csak kísérletileg kimutatható különbségek mintegy „előhívódnak“, vagyis morfológiailag is kifejezésre jutnak. Ez azt mutatja, hogy valamely anyasejt osztódásából keletkezett utódsejtek a kedvezőtlen körülményeket nem egyenlő mértékben viselik el. Vannak olyanok, amelyek „rezisztenseknek“ bizonyulnak, ezek életben maradnak, a kevésbé ellenállók viszont elpusztulnak.

Az utódsejtek közötti különbségeknek a következő megnyilvánulási formáit észleltem, illetve vizsgáltam:

A) Morfológiai különbségek:

1. Méretbeli különbségek,
2. Alakbeli különbségek,
3. Felépítésbeli eltérések;

B) Élettani különbségek:

1. Az újabb osztódáshoz szükséges időtartam különbözősége,
2. Vitalitásbeli különbségek,
3. Ingerélettani különbségek,
4. Ozmotikus viszonyokban megnyilvánuló különbségek,
5. A fotoszintézis intenzitásának esetleges különbözősége.

A vizsgált sejteken egyazon időben néha többféle különbség is észlelhető volt. Bizonyos, hogy megfelelőbb módszerekkel a különbségeknek még gazdagabb skálája lesz feltárható.

Saját vizsgálataimat az előbbi sorrend szerint ismertetem, mindig megjelölve az egyes különbözőségi formák gyakorisági fokát is. Az ismertetés során hivatkozom a már közölt adataimra, illetve újabb eredményeket is bemutatok.

A) Morfológiai különbségek valamely anyasejt osztódásából származó
utódsejtek között

Mindenekelőtt meg kell jegyeznünk, hogy a méret- és alakbeli különbségek igen sokszor együttjárnak. Az eltérő alakú sejtek méretviszonyai többnyire jelentősen különböznek. Éppen ezért elsősorban csak a közelítően azonos alakú utódsejtek méretbeli különbözőségét vesszük figyelembe.

1. Méretbeli különbségek az utódsejtek között.

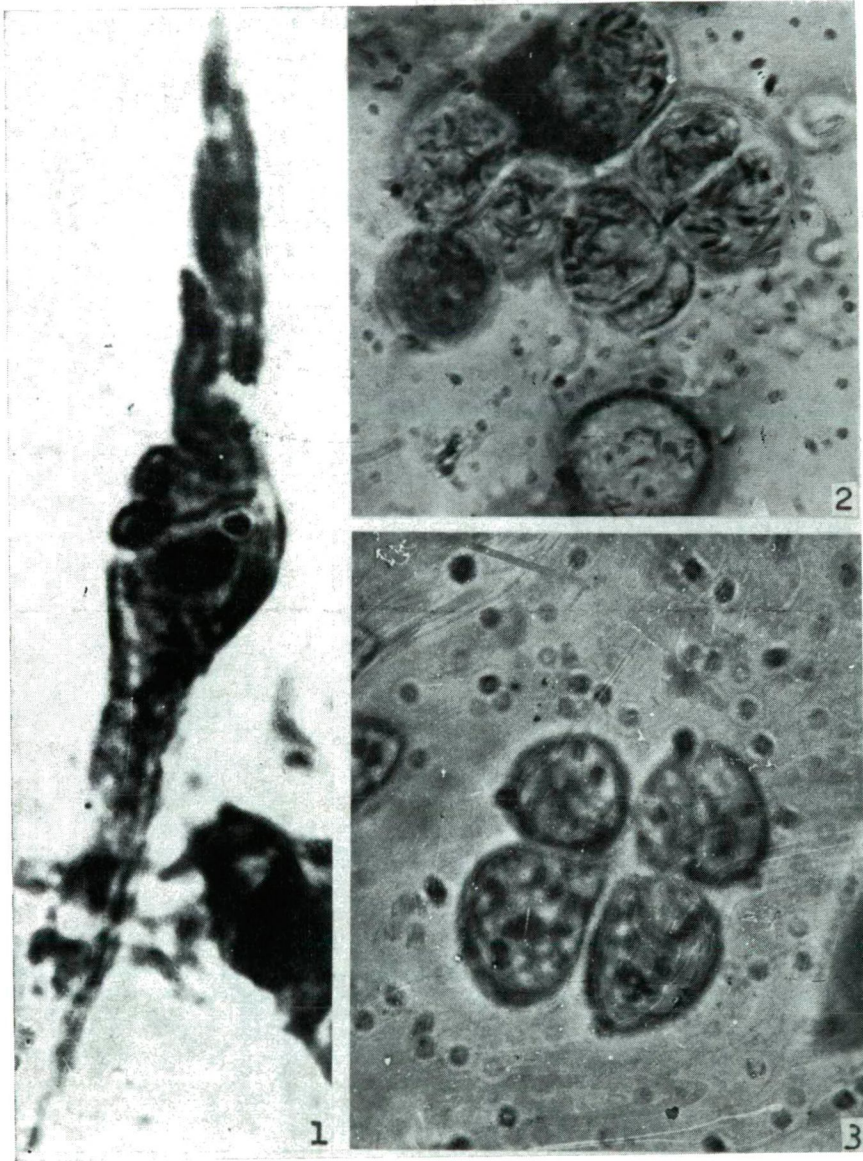
Talán ez a legáltalánosabban előforduló különbség az utódsejtek körében. Nagy méretbeli különbségeket észleltem a *Phacus Wettsteinii* utódsejtjei között. Egy vízvirágzás nagy variabilitását 1933-ban részben erre próbáltam visszavezetni [15]. A *Trachelomonas crebea* kultúrázatlan és kultúrázott egyedeinél ugyancsak nagy különbségek léphettek fel az egyes osztódások alkalmával. A kisebb sejt gyakran „csenevész” külsőt mutatott, s életképessége is csökkentnek bizonyult [4].

A *Chlorococcales* körében a legnagyobb mérvű különbségeket az ún. *nodosus Ankistrodesmus* autospóra sejtjei között észleltem [14]. Az I. tábla 1. mikrofelvételén egy *mononodosus Ankistrodesmus* sejt látható. Általában tapasztalható volt, hogy elsősorban a nódusz plazmatartalma tagolódott különféle alakú és nagyon egyenlőtlen méretű autospórákra. A képen eléggé feltűnik, hogy a nódusz baloldali részében két igen kis méretű autospóra különült el. A sejt egyéb helyein is az egyenlőtlen részekre való „töredezés” következett be. Sajátságos, hogy jellegzetes sejtmagot ezeknél az osztódásoknál nem lehetett kétségtelenül kimutatni. A *nodosus Ankistrodesmus* körében gyakran lehetett észlelni a két egyenlőtlen méretű sejtire való harántosztódást is. A IV. tábla 4. mikrofelvételén ez az eset szemlélhető. A jobboldali utódsejt nemcsak rövidebb volt, hanem ki is dudorodott. Ez és az előző mikrofelvétel az orosházi Malom-tó 1952 januári bioszesztonjából készült. Hasonló egyenlőtlen osztódást mutat be ugyanennél az objektumnál az V. tábla 9—12. képe is. Ez utóbbiak azonban a Harangos-ér 1938. évi bioszesztonjában előforduló sejtekről készültek. Az *Ankistrodesmus falcatus var. tumidus* hosszanti rézsútos osztódása is eredményezhet egyenlőtlen méretű utódsejteket. Erről a *Chlamydomonas incerta* tömegprodukciója meteorobiológiai elemzésével foglalkozó munkám [9] is beszámol. A jelenséget ott a színes képmelléklet 36. ábrája szemlélteti.

A *Crucigenia triangularis* kakasszéki előfordulása (1954) alkalmával is gyakoriak voltak a cönóbiumokban az egyenlőtlen méretű sejtek. Az I. tábla 3. mikrofelvételén látható négyes cönóbiumban minden sejt eltérő méretű. Hasonló jelenség volt észlelhető a több sejtből álló cönóbiumoknál is. Megjegyzem, hogy BRUNNTHALER határozókönyvében [1] szereplő illusztráció (172. oldal 246—a ábra) is igazolja az általam tett megállapítást.

A *Chlamydomonas* fajoknál is nagyon gyakori az utódsejtek méretének különbözősége. A II. tábla 1—2. képei a *Chlamydomonas incerta* egyenlőtlen osztódását szemléltetik. Különösen a 2. kép mutatja az anyasejt burkában bentmaradó egyenlőtlen sejteket. Mindkét eset az 1944-ben Pápán észlelt vízvirágzásban fordult elő [9]. A *Chlamydomonas incerta* különböző fejlődési állapotairól előbb idézett munkám [9] színes képmelléklete több egyenlőtlen osztódást is bemutat. Pl. a 18., 20—21. ábrák egyenlőtlen zoospórakezdemé-

I. tábla



1. Fejlett csomóval rendelkező mononodosus *Ankistrodesmus* sejt. A nódusz bal oldalán kisebb autospórákra való fragmentálódás látható. Ásványi tápoldat tenyészetéből. A tenyészet eredetileg az orosházi Malom-tó 1952. I. 25-iki bioszesztonjából származott 2160 : 1. — 2. Az *Euglena gracilis* palmella-állapotában a sejt párok sejtjei többé-kevésbé egyenlőtlen méretűek 400 : 1. — 3. *Crucigenia triangularis* négysejtű cönóbiuma egyenlőtlen méretű sejtekkel 2000 : 1.

nyeket ábrázolnak. Fragmentációs jellegű osztódással ez a faj Protococcoid sejteket és aplanospórákat is létrehozott, s ezek között is nagyon gyakoriak voltak az egyenlőtlen méretű osztódások (színes képmelléklet 31., 34. és 37. ábrái).

A II. tábla 3—4. képe egy közelebről nem determinálható, de igen variabilis *Chlamydomonas* speciést illusztrál, amely a csorvási Hajdúvölgyi-ér egyik vízvirágzásában jelent meg 1939 májusában. A 4. kép kezdődő zoospóráképzést szemléltet, amely már az első osztódásnál is különböző méretű utódsejteket produkált. A II. tábla 5. képén ábrázolt sejt a *Chlamydomonas Steinii* Pápán 1944-ben általam vizsgált fakultatív-jellegű „hóvirágzásából” való. A gloeocystis-állapotban levő négyes osztódás minden sejtje eltérő méretű. Ugyanebből a hóvirágzásból a korábban megjelenő beszámolóm [7] színes képmelléklete még több méretbelileg egyenlőtlen osztódást is bemutat. Pl. a 16. kép a zoospóráképzés első lépését szemlélteti, amely ugyancsak különböző méretű utódokat eredményezett. A 22—23. képek hasonló jelenséget szemléltetnek, de az osztódás az anyaburkon kívül történik. Az olvadó hó felületén még igen sok egyenlőtlen osztódás jelentkezett, amelyeknek főbb típusait idézett munkám képmelléklete szemlélteti. A *Chlamydomonas* zoospóráképzése sok egyenlőtlen méretű osztódást produkál, amelyek között különösen az első szokat leginkább feltűnni. A vízvirágzásokról szóló összefoglaló munkámban [8] a *Chlamydomonas intermedia* zoospóráképzésének első osztódását a 37. oldalon a III. tábla 1. mikrofelvételén mutattam be. Az anyasejt burkán belül a két utódsejt ez esetben is jelentős méretbeli különbséget mutat. A *Chlamydomonas* egy kryofil fájának egyenlőtlen osztódását a kaukázusi hó hóvirágzásos tömegprodukciójában is megtaláltam [10].

Az *Euglena* fajoknál különösen a lekerekedett gallertburkos állapotban lehet a sejtek egyenlőtlen osztódását megfigyelni. Az I. tábla 2. mikrofelvétele az *Euglena gracilis* palmella-állapotban levő sejthalmazát szemlélteti. E halmazban négy sejt pár látható, s a párok sejtjei méretbelileg többé-kevésbé különböznek. A legelső sejt pár igen nagymérvű egyenlőtlenségével tűnik ki. Az *Euglena gracilis* utódsejtjeinek egyenlőtlen méretviszonyaira korábban [11] már részletesen rámutattam (66. old. 1., 67. old. 5—6. mikrofelvételek). Az utódsejtek közötti méretbeli különbségeket az *Euglena acus* borsó kivonatos kultúráiban is észleltem [11].

A *Phacus*ok sejtosztódása is néha feltűnő nagy mértékben mutat méretbeli egyenlőtlenségeket. Különösen a kultúrázás körülményei között. A *Phacus*-jellegek rendszertani értékét vizsgálva [6] a *Phacus longicauda* (*Phacus tortus*?) osztódásból eredő méretbeli monstruozitásának három esetét figyeltem meg:

a) Az egyik utódsejt rövid és hegyes nyúlványú lesz. Ez közvetlenül annak az eredménye, hogy az anyasejt nyúlványa nem osztódik pontosan két egyenlő részre. Az egyik utódsejt nyilván idő előtt elválík, s közben csökevényes nyúl-

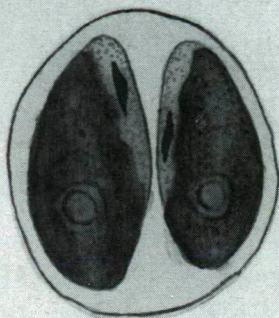
II. tábla

1—2. *Chlamydomonas incerta* egyenlőtlen osztódása. Az anyasejt burkában maradó utódsejtek mérete különböző 2100 : 1. — 3—4. *Chlamydomonas spec.* vegetatív sejtje és zoospóráképzésének első osztódása egyenlőtlen méretű utódsejtekkel 1200 : 1. — 5. A *Chlamydomonas Steinii* gloeocystis-állapotának négyes osztódása. Az utódsejtek mérete nem egyenlő 1000 : 1. — 6. *Euglena proxima* egyik utódsejtje újból osztódott. Az „unoka”-sejtek méretben különböznek 1500 : 1.

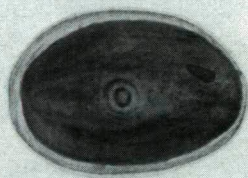
II. tábla



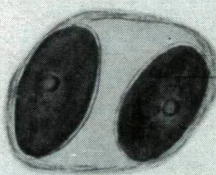
1



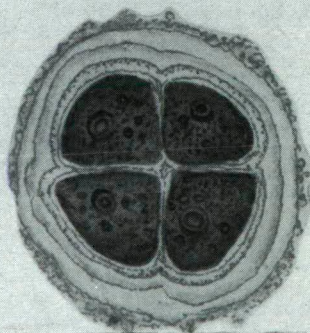
2



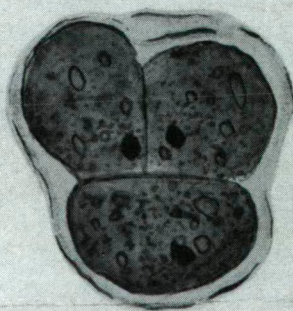
3



4



5



6

ványkezdeté úgy „hasad le“ a másiktól, mint valami egyenetlen szálazású fadarabról egy szilánk. Ezt az esetet a III. tábla 1. képe szemlélteti. Nem tudjuk, hogy ennek az abnormisnak mutatózó osztódásnak mi az oka. Mindenesetre a gátló tényező eredményeként a *Phacus* tenyészetben, illetve a természetes környezetben, a bioszesztonban, rövid nyúlványú, „curta“-formák jelentkeznek, amelyek alkalmat adnak új formák megkülönböztetésére is. Általában tapasztaltam, hogy a gyorsabban leváló egyed többnyire igen rövid nyúlványú is rendelkezik.

b) A monstrozus osztódás második esete az, amidőn az egyik egyed rövid és tompa nyúlványú lesz. Ezt az esetet a III. tábla 2. képe szemlélteti. A nyúlványok elválása kezdetén megtörténhetik, hogy az egyik utódsejt a másiktól váratlanul „letörik“, aminek eredményeként az utóbbi sejt nyúlványa nemcsak rövid, hanem tompa végű is lesz. Ilyen monstrozitás eredményeként jelennek meg a III. tábla 4–6. képein látható tompanyúlványú formák.

A két utódsejt nyúlványának korai „széthasadását“ megokolni nem tudjuk. Lehetséges, hogy a nyúlvány struktúrája inhomogén, illetve abnormisan sodrott, amely korai lehasadást vagy letörést okoz.

c) Az osztódásbeli monstrozitás harmadik esete az volt, hogy az anya-sejt testlapjából az egyik utódsejt kisebbet kapott. Ennek egy szélsőséges esetét már bemutattam a sejtek egyenlőtlen osztódásáról korábban megjelent munkámban [11]. Kevésbé szélsőséges esetet láthatunk a III. tábla 3. képén. A jobb oldali sejt valamivel nagyobb testlappal rendelkezett.

A *Trachelomonas* fajok kultúrabeli viszonyok között szintén igen nagy mértékű osztódásos különbségeket mutathatnak. Ezekről korábban már részletesen beszámoltam [4, 11].

2. Alakbéli különbségek az utódsejtek között.

A méretbeli egyenlőtlen osztódás a szélesség és hosszúság viszonyát a két utódsejt között gyakran megváltoztatja, ami azok alakbéli különbségét idézheti elő. Ezek a kontúrbéli változások azonban ritkán jelentősek.

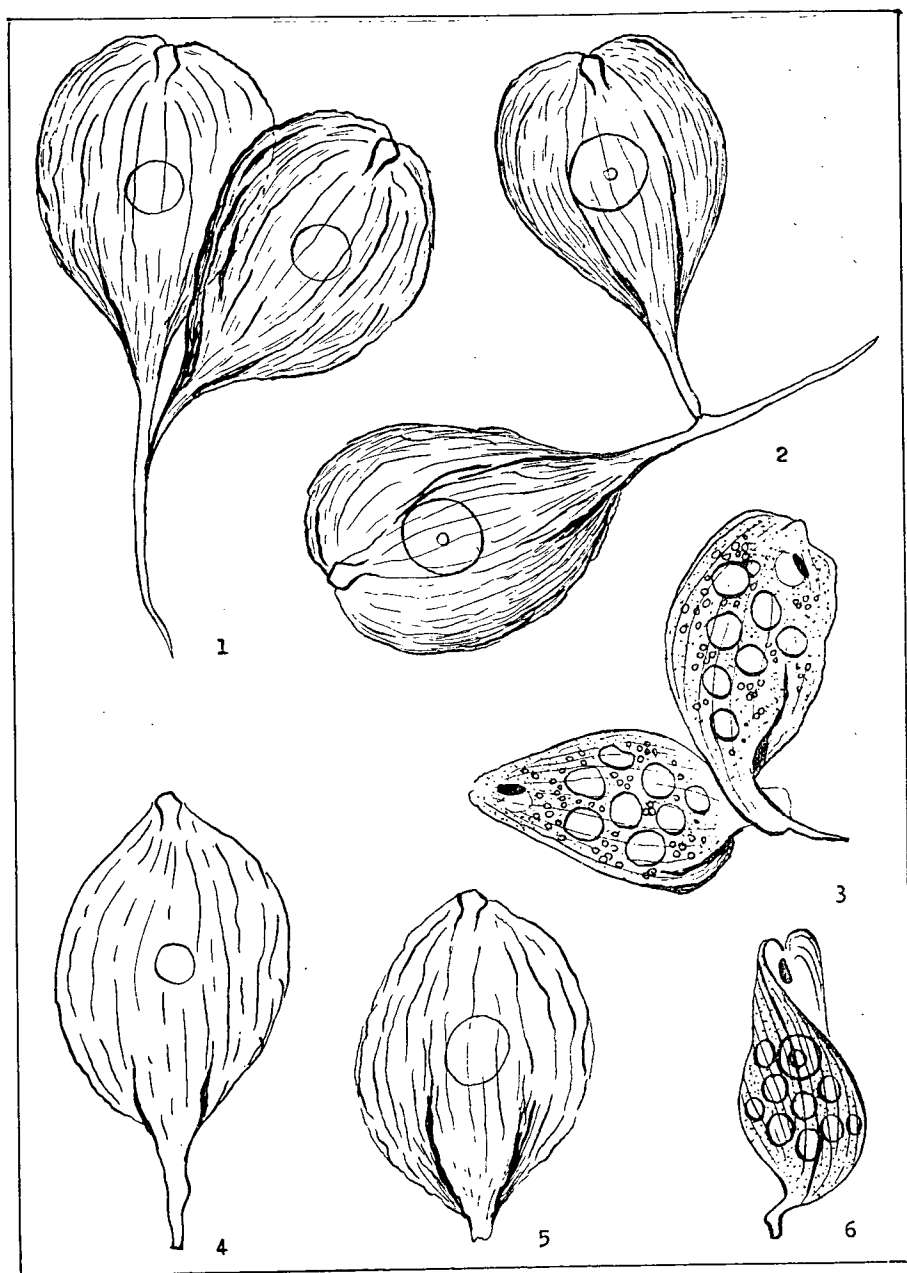
Nagymérvű alakbéli változást eddig két egyenlőtlen osztódási féleségnél észleltem, éspedig: a) az ún. horpadásos fragmentációnál és b) a karéjos v. gömbhéjas osztódásnál.

a) A horpadásos fragmentáció, mint arról korábban már megemlékeztem [5], a *Nautococcus mamillatus* tetrádosan megjelenő aplanospóra sejteinél rendszerint babszem vagy vese alakú, homorú oldalukkal egymás felé fordult utódsejteket eredményez. Néha azonban megtörténik, hogy csak az egyik utódsejt lesz babszem alakú, a másik homorú oldal helyett is domború oldallal rendelkezik. Ritka jelenség.

III. tábla

1. A *Phacus longicauda* osztódásánál az egyik utód nyúlványa előbb „lehasad“ és rövid, de hegyes nyúlványú sejt keletkezik 1000 : 1. — 2. Előbbi faj osztódásánál az egyik egyed nyúlványa hirtelen „letörik“, s így egy rövid és tompa nyúlványú sejt jön létre 1000 : 1. — 3. A *Phacus longicauda* rövid nyúlványú egyede osztódásánál az egyik utódsejt (balról) testlapja kisebb lesz 700 : 1. — 4–6. A *Phacus longicauda* (*Ph. tortus*?) sejt példányai, amelyek keletkezésekor a nyúlvány a másik sejtről „letört“. 4–5. 1000 : 1, 6 = 600 : 1.

III. tábla



b) A karéjos vagy gömbhéjas osztódást ugyancsak a *Nautococcus* fajoknál észleltem, s erről egy külön munkámban már beszámoltam [12]. Eszerint ennek az a lényege, hogy „... a sejtosztódás során a plazma egy része az anyasejt egyik oldalára húzódik, ott karéjszerű tömörülést alkot, s az anyasejt többi plazmájától homorú fallal elválasztódik. Így két egyenlőtlen alakú és méretű utódsejt keletkezik. Az egyik utódsejt gömbhéjszerű vagy karéj alakú — aszerint, hogy az anyasejt gömb alakú vagy korongszerű volt-e — s az osztódás elején az anyasejtben kikülönült plazmaanyagot örökli. A másik utódsejt az anyasejtnél abból a plazmarészből alakul, amely az említett karéjszerű egyoldalas tömörülésben nem vesz részt, s ennek megfelelően továbbra is nagyjából gömb alakú marad.“ Ehhez hasonló osztódási módot más szervezetnél még nem észleltem. Ritka jelenség ez, mivel maga a *Nautococcus* is ritkán fordul elő hazánkban [13].

3. Felépítésbeli (strukturábeli) különbségek az utódsejtek között.

Az osztódás során az anyasejt strukturális alkotórészei nem egyenlő mértékben oszlanak meg a két utódsejt között. Legfeltűnőbb formáit eddig az *Euglenophytonok* körében észleltem.

Hétköznapiak mondható jelenség, hogy az *Euglena*-anyasejt osztódásánál az egyik utódsejt stigmát nem örököl, mivel a stigma nem osztódik, vagy ha osztódik is, az egyik tönkremegy, szétesik. Az *Euglena gracilis*, *Euglena proxima* és *Euglena polymorpha* esetében ezt már többször tapasztaltam. Valószínű, hogy az egyik utódsejt stigmájának széteséses eltűnése összefüggésben áll avval a jelenséggel, hogy az egyik utódsejtben a stigma ismételtlen osztódik. A Pápán 1944-ben vizsgált fakultatív jellegű hóvirágzásban e jelenségek az *Euglena proxima* és az *Euglena polymorpha* sejtjeiben a következő számszerűségeket szerint léptek fel:

Species	A stigma száma vagy állapota					
	sejtek össz.	egy ép stigma	egy osztódó stigma	két ép stigma	egyik utód- nál a stigma szétesik	egyik utód- nál nincs stigma
<i>Euglena proxima</i>	81	61	9	4	3	4
<i>Euglena polymorpha</i>	92	75	5	3	6	3

Az említett fakultatív jellegű kryobiontizmust ismertető munkám [7] színes képmellékletén e két *Euglena*-féleség stigmájának osztódása látható (2., ill. 6. képek). A *Trachelomonas crebea* tenyészetében több esetben észleltem, hogy a stigma nélküli sejtek egyben életképteleneknek is mutatkoztak.

A plasztidák és a paramilumok számszerűségi viszonyai is mutathatnak különbségeket. A *Trachelomonas* és a *Phacus* borsó kivonatos tenyészeiben gyakori volt, hogy a két utódsejt plasztiszállománya különbözött. A plasztiszban szegényebb sejtek valamivel világosabb árnyalatúak voltak. A paramilumoknak az osztódó sejtben való egyenlőtlen szétoszlását eddig az *Euglena acus*, *Euglena proxima* és *Euglena polymorpha* fajoknál figyeltem meg.

Az *Euglena* és a *Trachelomonas* körében az utódsejtek flagellummal való ellátottságát is vizsgáltam. Mivel az *Euglenák* legtöbbszörre gallertburkokba lekerelkedve osztódnak, flagellumukat előzőleg eldobják. Így mindkét utódsejt többszörre flagellum nélkül jön létre. Ha a lekerelkedés elmarad, akkor rendszerint mindkét utódsejt flagellumos. A *Trachelomonas crebeaná*l azonban figyelemreméltó különbségek mutatkoznak, elsősorban a borsókivonatos kultúrázás feltételei között. Igen gyakori eset volt, hogy a tokon belül kettéosztódott protoplaszt egyike rendelkezett flagellummal, a másik nem. Az ostorral rendelkező utódsejt állandó és igen aktív flagellum-mozgás kíséretében hamarosan kipréseli magát a tokból, s szabadon tok nélkül egy ideig „*Euglena-fázisú*“ éli. Később azonban ez is tokot fejleszt. A másik utódsejt, amelyik az anyasejt tokjában marad, legfeljebb csak gyenge metabolizáló mozgást végez. Néha hosszú ideig teljesen mozdulatlanul látszik. Kultúrákban gyakran meg lehetett figyelni, hogy a csupaszon osztódó („*Euglena-fázisú*“) anyasejtek egyenlőtlen méretűek voltak. A nagyobbik utódsejtnak volt flagelluma, a kisebbiknek nem. A kisebb sejtek többszörre életképteleneknek mutatkoztak.

Néha meg lehet figyelni az utódsejtek plazmájának eltérő granuláltságát is. E jelenség főleg a *Chlamydomonas*-nál fordul elő, mégpedig az egyenlőtlen méretű utódsejtek képződése alkalmával. A méret- és a granuláltságbeli különbségek között azonban egyértelmű kapcsolatot eddig nem sikerült megállapítanunk. Az elhaló *Trachelomonas* utódsejteknél két ízben azt is megfigyeltem, hogy plazmájuk erősen vakuolizált volt.

B) Élettani különbségek valamely anyasejt osztódásából származó utódsejtek között

A morfológiai különbségekkel párhuzamosan gyakran élettani különbségek is észlelhetők az utódsejtek között.

1. Az újabb osztódáshoz szükséges időtartam különbözősége.

Az utódsejtek élettani szempontból való különbözőségére a leggyakrabban és legfeltűnőbbben az mutat rá, hogy a két utódsejt ismételt osztódása nem egyszerre, hanem többszörre jelentős időkülönbséggel következik be. A tetrádos osztódás a két utód különböző időben való újabb osztódásával jön létre. Különösen általános jelenség ez a különböző *Euglena*- és *Chlamydomonas* fajoknál (*Euglena viridis*, *Euglena proxima*, *Euglena gracilis*, *Euglena polymorpha*, *Chlamydomonas intermedia*, *Chlamydomonas incerta*, *Chlamydomonas Reinhardi* stb.). A II. tábla 6. képén az *Euglena proxima* tetrádképzésének köztes állapotát szemlélhetjük. Az alsó sejt az anyasejt osztódásából származó egyik utódsejt, a felette levő másik kettő pedig a másik utódsejtből keletkezett. Ez utóbbi két „unoka“-sejt egymástól méretben különbözik. A kép a Pápán 1944-ben megfigyelt fakultatív hóvirágzás kryobioszesztonjából való. Ez alkalommal a hó- és jég réteg alatti víztérben vízvirágzás alakult ki, amely a hó és jég felületére tört, s ott is bioszesztonszíneződést okozott. A víztérből származó bioszesztonban, illetve a hó- és jég kriobioszesztonjában az *Euglena gra-*

sának különbözőségére is utal. Mivel pedig a fejlődés folyamatai az anyagcserebeli folyamatoktól jelentősen függnék, feltételezhető, hogy a további osztódásbeli különbséget mutató utódsejtek anyagcsereviszonyaikban is bizonyos mértékben különböznek egymástól.

2. Vitalitásbeli különbségek.

Az utódsejtek közötti egyenlőtlenség ugyancsak igen feltűnő esetei észlelhetők akkor, ha a szervezetek „megnehezített“, azaz szokatlanul kedvezőtlen körülmények közé kerülnek. Az életfunkciók harmóniájából adódó vitalitás ilyenkor erősen lecsökken, s ez a kevésbé életrevaló szervezeten morfológiailag is „előhívódik“, láthatóvá lesz. Hasonlóan feltűnő jelenség ez, mint az újabb osztódáshoz szükséges időtartam különbözősége, de korántsem olyan gyakori, mert „megnehezített“ körülmények természetes viszonyok között, illetve kultúrázási feltételek mellett ritkán fordulnak elő.

„Megnehezített“, azaz szokatlanul vagy szélsőségesen kedvezőtlen körülmények közé a sejteket legegyszerűbb esetben szűk „nedveskamra“ előállításával helyezhetjük. A fedőlemezt legcélszerűbb parafinnal körülvonni. Ilyen körülmények között az életfeltételekben jelentős változások állanak be, és pedig:

- a) A vízben elnyelt oxigén hamar elfogy,
- b) Az anyagcseretermékek a környezetben gyorsan felhalmozódnak,
- c) A tenyésztér nagyon szűk, s a szervezet helyét nem változtathatja.

Lehetséges, hogy a fedőlemez nyomása is bizonyos mértékben érvényesül.

Ilyen körülmények között a magánosan álló sejtek bizonyos idő múlva dezorganizálódni kezdenek anélkül, hogy feltűnőbb jelenség bekövetkezne. *A tetrádok esetében azonban nagyon szembeszökő az a jelenség, hogy a sejtek dezorganizációja nem egyszerre következik be, hanem rendszerint igen jelentős időkülönbségekkel.* Számos megfigyelésem mutatja, hogy a tetrádokban levő négy sejt a kedvezőtlen körülményekre nem egyformán reagál, azokkal szemben nem egyformán „rezisztens“!

Erre vonatkozóan az *Euglena gracilis* vízvirágzásból származó tenyészetével végeztem kísérleteket. A vízvirágzás a szegedi Cserepes-sori tavon jelent meg 1953. május 19-én. E tömegprodukciót az *Euglena gracilis* csaknem egyedül alakította ki. Kultúrárs, illetve lemezpreparátumos vizsgálatokra ennek bioszesztonját használtam fel. Erről röviden már megemlékeztem [11].

Ez alkalommal csak azokról a jelenségekről szólok, amelyek a lemezpreparátumokban „megnehezített“ körülmények között voltak észlelhetők. Több preparátum sok sejtjén kb. azonos természetű változásokat észleltem, így az elmondandók nem tekinthetők egyszerűen csak egyedi véletlen jelenségeknek. A lemezpreparátumokban a kedvezőtlené váló körülményekre az *Euglena gracilis* többszáz sejtje avval reagált, hogy gallertburokba záródva egyszer vagy kétszer osztódott, s így sejtpárok, majd tetrádok keletkeztek. A körülmények kedvezőtlené válása a fejlődés túlgyors ütemét kényszerítette ki. A sejtek sem a párokbán, sem a tetrádokban nem növekedtek, így az osztódások a már meglevő plazmaanyag felhasználásával, sőt bizonyos mértékig annak felemésztésével történtek. Az egyes sejtek kb. egy hét leforgása alatt osztódtak, s az utódsejtek a közös gallertburkon belül újabb saját burokkal vették magukat körül. Ezután 2—3 nap múlva az egyik utódsejt ismételtén osztódott, majd 1—2 nap-

pal utána a másik is, s így másfél vagy két hét múlva a lemezpreparátumokban az egyes *Euglena gracilis* sejtekből sejtetrádok keletkeztek. Ezekre vonatkozólag a következő megfigyeléseimet adom:

a) A tetrádok sejtjei sohasem voltak teljesen egyforma állapotban. Ez már a színükből is következtethető volt. Általában szabályszerűnek mutatkozott, hogy az egyik utódsejtből származó két „unoka“-sejt mindig zöld színű volt és nagyobb életképességet mutatott, mint a másik utódsejtből származó két „unoka“-sejt. Ez utóbbiak halványzöldek vagy sárgászöldek voltak, s életképességük láthatóan csökkent;

b) Az „unoka“-sejtek sem voltak egymás között egyformák. Az első „unoka“-pár, azaz az előbb osztódó utódsejtből keletkező „unoka“-sejtpár színárnyalatban rendszerint különbözött egymástól. Az egyik „unoka“-sötétebb árnyalatú volt a másiknál. A második „unoka“-pár sejtjei hasonlóan különböztek egymástól; ezek azonban már rendszerint sárgás árnyalatot is mutattak;

c) Az „unoka“-sejtek többnyire külön gallertburokba záródtak. A burkok állapota, fejlettsége, általában tükrözte az „unoka“-sejt-élettani állapotát, azaz a legzöldebb, vagyis a legéletképesebb „unoka“-sejtek egyedi burkai fejlődtek ki leginkább. Az „unoka“-párok közül néha csak az egyik fejlesztett egyedi burkot, a másik az előző utódsejt burkával maradt körülveve. Ha valamely sejt elhalóban volt, annak a burka sem fejlődött ki. A gallertburok kialakulása tehát a vitalitást tükrözte, s kiválasztása annak volt a jele, hogy a sejt a környezet kedvezőtlen hatásaira erőteljesen reagál;

d) Néha előfordult, hogy a tetrádokban levő „unoka“-sejtek egyike-másika — tetrádonként egy, legfeljebb kettő —, ismételt osztódási jelenséget mutatott. Az így keletkező „dédunoka“-sejtek azonban már nem különböztek el jól egymástól, s nem is fejlesztettek maguknak külön gallertburkot.

A IV. tábla 1—2. mikrofelvétele az egyik lemezpreparátum jellegzetes tetrádjáról az ötödik hét végén készült, amikor a sejtek már előregedtek, s részben el is haltak. A preparátumokban a legtöbb tetrád kb. ilyen képet mutatott. A jellegzetesebbekről mikroszkópi fényképfelvételeket is készítettem. A fényképen látható, hogy a négy, egymás között egyenlőtlen értékű sejt közös gallertburokkal volt körülveve. A felső két sejt sötétzöld árnyalatú volt, az alattuk levők már elfakultak, s elhalóban voltak. A felső jobboldali sejt erőteljes egyedi burkot is fejlesztett. Evvel szemben a tőle balra levőnek nem alakult külön burka, hanem az utódsejt korábbi burkával maradt körülveve. E sejtek alsó szegélyén a valamikori utódburok felszakadt foszlánya a képen is jól látható. E két felső sejt képviseli az első „unoka“-párt. A jobboldali „unoka“-sejt — mint a 2. mikrofelvételen erősebben nagyítva látható — ismételten osztódott, s két „dédunoka“-sejt keletkezett. A képen ezek csúcsukkal balfelé dőlnek. Ezek a sejtek nem váltak teljesen szét, s nem fejlesztettek külön gallertburkot. A jellegeik pedig már nem mutatták az *Euglena gracilis* jellemvonásait. Nagyon jól látszik, hogy a sorozatos osztódásokban a plazma nem gyarapodott, s így az utódok mind kisebb méretűekké váltak. A tetrád két alsó sejtje jórészen elhalt. Az 1. fényképen látható, hogy az alsó jobboldali sejtnek a külön gallertburka fejlődni kezdett, de közben abbamaradt, nyilván a sejt elhalásos folyamatai miatt.

Az *Euglena gracilis* lemezpreparátumaiban már az utódsejtek között is mutatkozott jelentős vitalitásbeli különbség. Erről a sejtek egyenlőtlen osztódásáról szóló korábbi munkámban [11] már beszámoltam.

3. Ingerélettani különbségek.

Erre vonatkozólag csak a *Trachelomonas* és a *Strombomonas* körében végeztem megfigyeléseket. Az 1934-ben és 1940—41-ben végzett vizsgálataim szerint az anyatokon belül osztódott utódsejtek nemcsak morfológiai vagy struktúrabeli különbségeket mutathatnak, hanem a fényingerekre is eltérő módon viselkedhetnek.

Az osztódó protoplasztosz sötétben rendszerint „nyugalomban“ van, azaz nem végez még metabolikus mozgást sem. Fény hatására azonban az osztódásban levő anyasejt plazmája összerándul, majd rendszerint lassú mozgásba kezd. Ha a fény tartós, akkor erőteljes metabolikus mozgás következik. *Amint az anyasejt kettéosztódott, a fényre való reagálás merőben megváltozik: a fény hatására először csak az egyik utódsejt kezd mozgásba. A másik utódsejt csak néhány perc múlva mutat némi metabolitát, sőt olykor még erősebb fényben is órákig mozdulatlan maradhat.*

A fényingerre nyilván az életrevalóbb utódsejt érzékenyebb. Tapasztaltam, hogy a fényre a flagellumos utódsejtek általában érzékenyebbek, mint a flagellumnélküliek. Ha az anyasejt osztódásából származó egyik utódsejt flagellumos, a másik ostornélküli, úgy a fényre való reagálás először mindig a flagellumos sejtnél észlelhető. Az pedig kétségtelen, hogy a flagellummal fejlődő sejt életrevalóbb, mint az ostort nem fejlesztő. A flagellumos sejtnak a tokból való eltávozását a fényhatás mindig megindította. A *Strombomonas*-nál hasonló érzékenységet tapasztaltam.

A fényinger iránti érzékenység szempontjából a tokban levő két utódsejt olykor szélsőségesen nagy különbséget mutatott. Flagellumnélküli utódpároknál több ízben is észleltem, hogy megvilágítás hatására az egyik igen élénk metabolikus mozgásba kezdett, s hamarosan elhagyta a tokot, míg a másik még hosszabb és erősebb megvilágításra sem reagált. Sőt! Némelyik még az osztódási lapos felületét sem tüntette el, s így maradt napokig. Pedig ezek a sejtek is élők voltak, hiszen újabb néhány nap múlva elhagyták a tokot.

4. Ozmotikus viszonyokban megnyilvánuló különbségek.

Íly irányú kísérletekre a *Phacus*-félék igen jó vizsgálati objektumoknak mutatkoztak. Ezeknél ugyanis gyakran észlelhető a testlap peremének különböző mérvű, de mindig feltűnő boróvottsága, ún. „insectáltsága“, amely tapasztalataim szerint ozmotikus hatásokra vezethető vissza. A *Phacus*-félék morfológiai jellegeinek rendszertani értékéről szóló munkámban [6] már említettem, hogy e jelenség plazmolizálódás hatására lép fel és kísérletileg kiváltható. Említettem azt is, hogy a sejtnak olyan élettani állapotban kell még lennie, amelyben a plazma nagy viszkozitással tapad a sejtfalhoz.

A *Phacus orbicularis* és a *Phacus triqueter* specioseknél több alkalommal találtam olyan osztódásban levő anyasejteket, amelyeknél az egyik utód igen nagymérvű insectáltságot mutatott, viszont a másik utódsejtnél a jelenségnek még csak a nyomai sem voltak észlelhetők. E jelenségről már beszámoltam [6, 11] bár nem teljesen az egyenlőtlen osztódás szempontjából. Az utódsejtek testlapja peremének eltérő mérvű és formájú insectáltsága vagy unduláltsága más *Phacus* fajoknál is hétköznapi jelenségnek mutatkozott. Mindez értékes felvilágosítást nyújt arra vonatkozóan, hogy az osztódásban levő anyasejt két utódfelének ozmotikus viszonyai olykor igen nagymértékben különböznek egymástól.

5. A fotoszintézis intenzitásának esetleges különbözősége.

E vizsgálatokhoz az ún. Engelmann-féle kísérletet használtam fel, amely a fotoszintézis mértékéről az egyes sejtek esetében is eléggé szemléletes képet nyújt. Különbőféle egysejtű és fonalas algafélékhez megfelelően mutatózó baktériumtenyészetet juttattam, s ebből az életközösségből vizes lemezpreparátumokat, illetve kimélyített tárgylemezen mikrokultúrákat állítottam be. A fedőlemez paraffinos lezárása után a mikrokultúrákat több napra teljes sötétségbe helyeztem.

E vizsgálatok legjobb objektumául a *Chlamydomonas intermedia* anyasejtje osztódásából származó olyan utódsejtpárok mutatkoztak, amelyek már az ún. *Protococcus*-fázisba kezdtek átjutni. A mikrokultúra körülményei között ezeknél a további osztódás a legtöbb esetben nem következett be, s teljesen mozdulatlanok, s elég nagyméretűek is voltak ahhoz, hogy a baktériumok halmozódásos jelenségei megfigyelhetők legyenek. Ha a *Protococcus*-jellegű sejtpár sejtjei különböző nagyságúak voltak, akkor a baktériumhalmozódás többnyire a nagyobb sejt körül erőteljesebb volt. Ez természetesnek látszott, hiszen a nagyobb kloroplasztisz-felület arányosan több asszimilációs oxigént is fejleszt. Az volt azonban az érdekes, hogy a teljesen azonos méretűnek látszó sejtek között is mutatkozott bizonyos különbség a baktériumok gyülekezése tekintetében. Egy mikrotényszeretben erre vonatkozólag a következő számviszonyok mutatkoztak:

Species	Az egyenlő utódsejtek körüli baktériumhalmozódás mértéke			
	kb. azonos halmozódás	eltérő halmozódás	halmozódás nem volt	megfigyelt esetek összes száma
<i>Chlamydomonas intermedia</i> (<i>Protococcus</i> -jellegű)	19	24	5	48

Látható, hogy a 48 megfigyelt sejtpár esetében a baktériumok aërotaktikus halmozódása 24 ízben eltérő módon következett be. Öt esetben nem volt észlelhető halmozódás, bár a sejtpároknál nem volt semmiféle morfológiai elválás, illetve struktúrabeli különbség.

Hasonló bioindikátoros megfigyeléseket végeztem még az *Ankistrodesmus Braunii*, *Scenedesmus quadricauda*, *Euglena tripteris*, *Phacus Wettsteinii*, *Cladophora fracta* és a *Spirogyra* sp. esetében is. A tapasztaltak azonban kevésbé voltak egyértelműen magyarázhatók. A *Scenedesmus*-nál az osztódó és az osztódott sejtek között nem mutatkozott az oxigénkiválasztásban észlelhető különbség. Az *Euglena* és a *Phacus* körül — bár osztódó állapotukban teljesen mozdulatlanok voltak —, a baktériumok halmozódása nem, vagy csak alig volt észlelhető. A *Spirogyra*-n a pusztulás jelei kezdtek mutatkozni (minden sejt-nél egyformán), így ilyen együttesben vizsgálatra nem volt alkalmas. Az *Ankistrodesmus* és a *Cladophora* sejtjeinél mutatkozott ugyan egyenlőtlen osztódás, de a halmozódás teljes szabálytalan képet mutatott.

A *Chlamydomonas* protococcoid-jellegű sejtpárjainál tapasztaltak azonban arra mutatnak, hogy az utódsejteknél az oxigénkiválasztásban, illetve a fotoszintézisben is lehetnek bizonyos különbségek. A módszer tökéletesítése és a megfelelőbb objektumok kiválasztása még egyaránt szükséges volna.

III. Az eredmények megvitatása, következtetések

A sejtek egyenlőtlen osztódására vonatkozólag mind a magasabbrendű, mind az alacsonyabbrendű növényi szervezetek körében számos példa ismeretes. A felvetett problémák két alapvető kérdés körében mozognak, és pedig:

1. Mi az oka a sejtek egyenlőtlen osztódásának, és
2. Milyen szerepet játszik az egyenlőtlen osztódás a növények életében.

Az előbb elmondottakat e két alapvető kérdéshez kapcsolva beszéljük meg.

1. A sejtek egyenlőtlen osztódásának okára vonatkozó vizsgálatok.

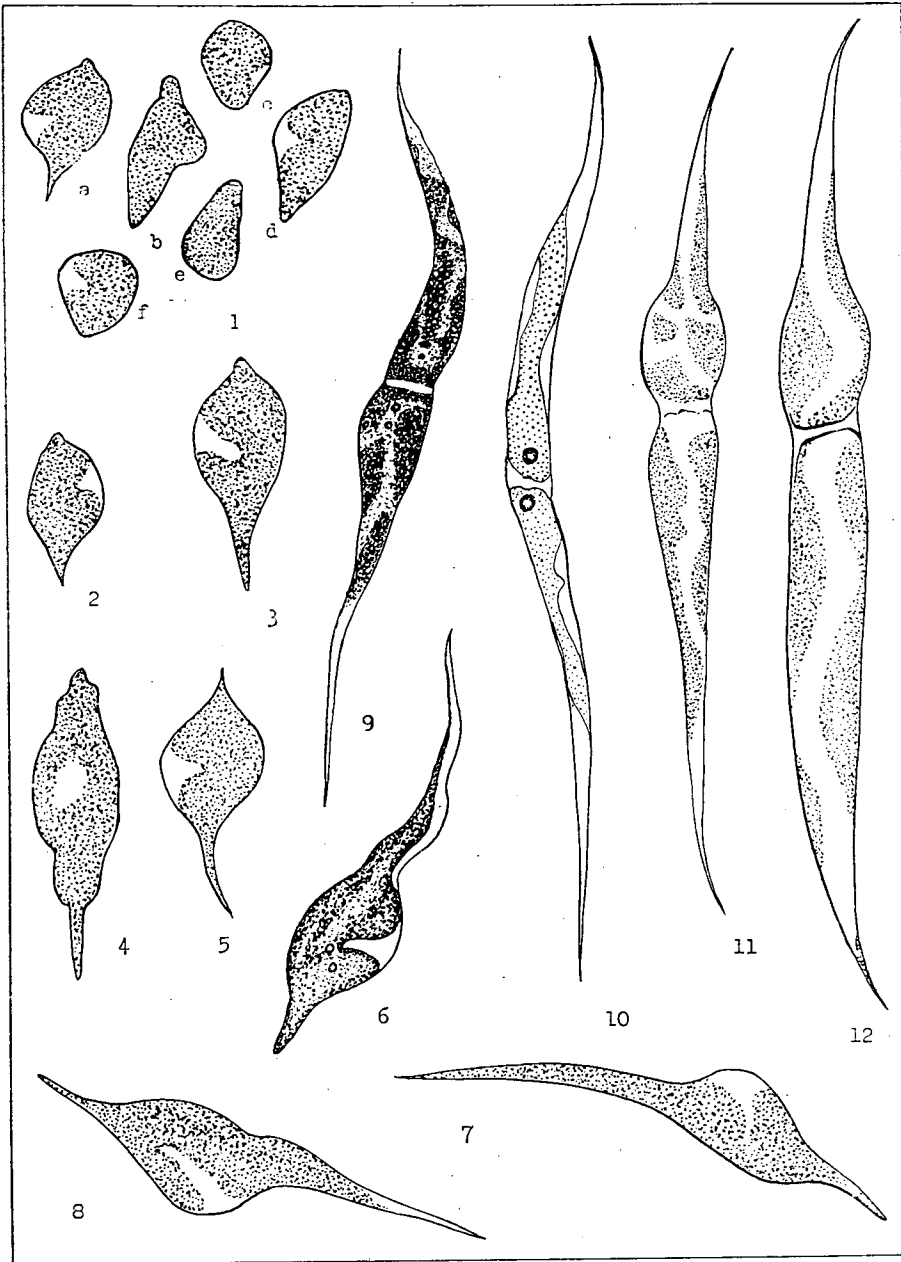
Az inekvális sejtosztódás okára vonatkozóan a felfogások két főiránya alakult ki, és pedig az utódsejtek életkorbeli-különbségét feltételező és a sejtek polaritását hangoztató felfogás.

a) *Az utódsejtek életkorbeli különbségét* elsősorban a mikroszervezetek körében vizsgálták. E felfogás szerint valamely sejt osztódásából keletkező sejtek egyike idősebb, ez az anyasejt, a másika fiatalabb, ez pedig az ún. leánysejt. Az anyasejt az osztódás után tovább folytatja életét, esetleg még újból osztódik is, de folyton öregszik és hamarosan elpusztul. A leánysejt többszöri osztódásra képes, s utódai is több ízben osztódnak.

Ez a felfogás tehát szükségszerűen az öregedés igen lényeges biológiai problémájához kapcsolódik, s arra is keres választ, hogy mi az „öreg” és mi a „fiatal”. Ez különösen nagy jelentőségű a mikrobiológiában, mert ezt a kérdést a mikroszervezetekre vonatkozóan még igen kevésbé tanulmányozták.

A sejtek életkorbeli különbségére vonatkozó felfogást több kutató a baktériumok szaporodási sajátosságainak magyarázására is felhasználja. Tapasztalati tény, hogy a baktériumok tenyészeiteiben néhány százalékos pusztulás is észlelhető, s hogy a baktériumok szaporodásában bizonyos szakaszosság mutatkozik. A sejtosztódási produktumok életkorbeli különbségét feltételező elmélet szerint a baktériumok osztódóképessége korlátozott, illetve bizonyos idő múlva kimerül, s az ilyen sejtek elpusztulnak. A Bevezetésben már említettem, hogy ez a felfogás az algák egyenlőtlen sejtosztódásának értelmezésére is szolgált és szolgálhat.

b) *A sejtek polaritására vonatkozó felfogás* szerint az inekvális osztódásnak a sejtek polaritása az oka. Ez az elmélet elsősorban a szöveti sejtek differenciálódását próbálja magyarázni. Eszerint az osztódás szempontjából fontos faktor, amelyet összefoglalóan „sejtosztódási hormonnak” is szokás nevezni, a sejt polaritása miatt egyenlőtlenül osztódik el, s ennek következtében az egyik utódsejt ebből kevesebbet örököl, esetleg semmit sem kap belőle. Feltételezik, hogy a merisztémákban ez a „sejtosztódási hormon” (pl. az orsóképzés faktora) korlátlanul tovább képződik, viszont a merisztémából kivált sejtek ennek képzésére nem képesek. Ez utóbbiaknak csak annyi ilyen anyaguk van, amennyit a merisztémától a kiválásuknál kaptak, s ez a korlátozott mennyiségű „sejtosztódási hormon” csak bizonyos számú sejtosztódáshoz elegendő. Ha ez elfogy, vagy a meglevő a polaritás természetének megfelelően elvezetődik belőle, akkor a sejtosztódási képesség megszűnik. E sejtosztódási harmonanyagnak mintegy grádiensét tételezik fel, amely a merisztémában éri el maximumát, s attól távolodva mennyiségében rohamosan csökken.



1. A nodosus *Ankirodesmus* különféle alakú autospóriái. Az „a” sejténél a két eltérő fejlettségű csúcs már kialakult. 2000 : 1. — 2—8. Előbbi species autospóriái bipoláris növekedéssel egyenlőtlen nyúlványú aszimmetrikus vegetatív sejtekké fejlődnek 2000 : 1. — 9—12. Előbbi faj egyenlőtlen osztódásai 2000 : 1.

A szöveti differenciálódásnál észlelhető egyenlőtlen sejtosztódások a mechanizmust illetően azt a benyomást keltik, hogy amikor valamely sejt osztódási képessége megszűnéséhez közeledik, a polaritás révén poláris plazmafelhalmozódás következik be, s ennek révén egy plazmában gazdag kisebb és egy plazmában szegényebb nagyobb sejt keletkezik. A kisebb és plazmában gazdagabb sejt vitalitása, illetve sejtosztódási és differenciálódási képessége nagyobb, mint a másik, plazmában gazdagabb és térfogatában nagyobb sejté.

A morfológiai vagy fiziológiai értelemben vett polaritás az egysejtű mikroorganizmekenél is feltűnően megnyilvánulhat. Az *Euglena*-félék sejtjének elülső vége a sejtorganelumok (pulzáló vakuolum, stigma, flagellum) kifejlődésével más jellegű, mint a sejt másik vége. A fiziológiai polarításra a vasbaktériumok igen jó példák; ezek az energianyerés céljából a kétvegyértékű vasat a sejt egyik pólusán veszik fel, majd háromvegyértékűvé átalakítják s mint anyagcsereterméket a sejt másik pólusán a környezetbe ismét leadják.

A növekedés polározott jellegét az ún. *nodosus Ankistrodesmus* sokféle alakú autospóráinál is észleltem [14]. Az V. tábla 1. képén a „b—f” jelzések gömbölyded, háromszögletű vagy egyik végén szabálytalanul megnyúlt autospórákat szemléltetnek. A spórák némelyikénél látható a plasztisz ékszerű centrális kivágottsága, amely elsősorban az *Ankistrodesmus falcatus*ra jellemző. E spórák átmeneti jellegű *nodosus Ankistrodesmus* sejtekből származnak, amelyek morfológiailag az *Ankistrodesmus falcatus* és az *Ankistrodesmus Braunii* között állanak.

Az 1. kép „a” jelzése gömb alakú sejtet ábrázol, amelynek a két csúcsa már kialakult. A két csúcs azonban nem egyforma. A felső csúcs tompa és még fejletlen, az alsó fejlettebb és erősen kihegyesedő. A különféle alakú autospórák növekedésének megindulását mindig az jellemezte, hogy ez a szabálytalan két-csúcsúság jelentkezett.

Ezt a jelenséget az általam ismertetett *nodosus Ankistrodesmus* egyedi fejlődésmenetében szinte általánosnak találtam, s nemcsak a természetes bioszisztonban, hanem kultúrákban is figyelemmel kísértem. Kitűnt, hogy az autospórák a legtöbb esetben feltűnő bipoláris jellegű növekedéssel alakítják ki az egy- vagy kétsomós, és rendszerint feltűnően aszimmetrikus sejteket. A növekedés és fejlődés bipoláris jellege itt abban mutatkozik, hogy a gömb vagy szögletes alakú autospóra először az egyik csúcsát alakítja ki, ott növekedik egy ideig, s csak azután kezd a másik csúcs is növekedni. A növekedés ezután mindkét csúcson folytatódik, s kialakulnak a nódusból kiinduló nyúlványok. Az egyik nyúlvány azonban többnyire jelentősen hosszabb marad a másiknál, mivel a kezdeti egyenlőtlenség megmarad, esetleg még tovább is fokozódik. Így jönnek létre a nódusz elhelyezkedése szempontjából feltűnően aszimmetrikus sejtek. Az V. tábla 2—8. képei a két csúcs egyenlőtlen növekedését szemléltetik. A csúcsból alakuló nyúlványok többnyire fokozatosan vékonyodnak és — leggyakrabban — igen egyenlőtlen méretűek. A fejlődésmenetnek ezt a leggyakoribb útját azonban olykor megzavarhatja valami, s ilyenkor a nyúlvány nem egyenes vagy ívelt, hanem görbült (V. tábla 6. kép), vagy eleinte tompacsúcsú, s csak azután kihegyesedő (4. kép). A fejlődésnek ezt az egyenlőtlen menetét klon-kultúrában mikroszkópi fényképfelvételekkel is rögzítettem.

A kifejlődésben levő *nodosus Ankistrodesmus* nyúlványainak ez az egyenlőtlen növekedése arra mutat, hogy a sejtben a növekedést irányító tényezők nem egyenlően vannak eloszolva. Az esetleg fokozódó egyenlőtlen nyúlvány-

növekedés azt mutatja, hogy a növekedési faktor a sejt fejlődése során később sem oszlik el teljesen egyenlő mértékben. *Mindez arra enged következtetni, hogy az egysejtű növények fejlődésében és növekedésében a polaritás is jelentős szerepet játszik.* Valószínű, hogy a homogénnek látszó autospórák már kialakulásukkor polárizódnak. A növekedést irányító anyagnak a sejt hossztengelye mentén való egyenlőtlen elosztódása lehet az oka annak is, hogy a nodózsusz sejtek kialakulnak. Ahol csomó keletkezik, ott a növekedést szabályozó anyag fokozott mértékben lehet jelen.

2. Az egyenlőtlen sejtosztódás szerepe a növények életében.

Az egyenlőtlen sejtosztódás a magasabbrendű növényeknél elsősorban a szöveti differenciálódás szempontjából jelentős. Az egysejtű szervezeteknél ebben az értelemben differenciálódás nincs, ellenben az inekvális osztódások ezeknél a morfológiai és fiziológiai változatosságot növelik. Részben ennek tulajdonítható, hogy az egysejtűeknél a variabilitás gyorsabban és jóval nagyobb mértékben jelentkezik, mint a magasabbrendű szervezeteknél.

A növényi mikroszervezetek egyenlőtlen sejtosztódása során jelentkező eltérések további sorsát részben azok belső természete, azaz öröklődő vagy nem öröklődő jellege, részben pedig a külső feltételek határozzák meg. Az egyenlőtlen osztódások a növényi mikroszervezeteknél valószínűleg jórészt nem öröklődő jellegűek. Feltételezhető azonban, hogy a mutációk egy részének a keletkezésénél az örökletesen egyenlőtlen osztódásnak is szerepe van.

Az egyenlőtlen sejtosztódás szerepének vizsgálatánál felmerül a kérdés: minden sejtosztódás egyenlőtlen utódsejteket eredményez-e? Ha a látható sajátosságokat vesszük figyelembe, akkor azt kell mondanunk, hogy a legtöbb sejtosztódás külsőleg egyenlőnek látszó sejteket produkál. Az a körülmény azonban, hogy a morfológiailag eltérő utódsejtek fiziológiailag sem teljesen egyformák, sőt jelentős különbség lehet közöttük, az élettani eltérések gazdag skálájára enged következtetni. Főként a jó vizsgálati módszer dönti el, hogy a morfológiailag meg nem nyilvánuló különbségek milyen mértékben válnak felismerhetővé. Az *Euglena*-félék körében azt tapasztaltam, hogy „megnehezített” körülmények között az utódsejtek rejtett élettani különbségei felismerhetővé válnak, szinte „előhívódnak”. Mindenesetre annak a jelenségnek a magyarázatánál, hogy valamely azonos eredetű mikroszervezet-együttesben azonos időben és azonos feltételek között eltérő formák is felléphetnek, az inekvális osztódás lehetőségét is figyelembe kell venni. A növényi mikroszervezetek irány nélküli változékonyságában a sejtek egyenlőtlen osztódása is szerepelhet.

Az *Euglena gracilis* mikrokultúráinak „megnehezített” körülmények között való vizsgálata alapján úgy látom, hogy a keletkező utódsejtek diádjaiban, vagy „unokasejtek” tetrádjaiban az életképesség szempontjából határozott sorrend van. Szinte úgy tűnik, hogy az egyenlőtlen sejtosztódás, különösen a tetrádok képzésével, elválasztja a leginkább életrevalót a kevésbé életrevalótól vagy életképtelentől, hogy a tetrádot létrehozó kétszeri egyenlőtlen osztódás mintegy elkülöníti az osztódásra képes plazmarészt az osztódásra kevésbé képes résztől vagy osztódásra képtelentől, s így az osztódóképesség megerősödik vagy megújul. A szöveti sejtek egyenlőtlen osztódásaira vonatkozólag BÜNING [2] a következőket jegyzi meg: „Azt a benyomást nyeri az ember, hogy az itt említett egyenlőtlen osztódások mind ugyanazszerint az elv szerint mennek végbe. A sejt polaritása egy meghatározott fejlődési stádiumban, sajátosan

mindig éppen akkor, amikor az osztódási képesség kialvóban van, poláris plazmafelhalmozódásra vezet; a mag is vele együtt ugyanahhoz a pólushoz tevődik át; így egy kicsi, plazmában gazdag sejt keletkezik, amelynek gyakran nagyobb életképessége vagy differenciálódási és osztódási képessége van, mint a nagyobb testvérsajtnek.

Mik azok a külső jelek, amelyek alapján az életképes sejt az életképtelentől megkülönböztethető? A fotoautotróf növényi mikroszervezeteknél ez nem jelent különös problémát, mert a zöld szín, valamint a sejt struktúrája eléggé feltűnő jelek. A kérdés inkább az, hogy az életképtelen sejtek nagyobbak-e általában az életképesebbeknél? Ez nem állítható. Igaz, hogy az *Euglena gracilis* tetrádképzésénél az életképes sejtek, éppen osztódásuk miatt, kisebb térfogatúaknak mutatkoztak az életképtelen vagy pusztuló sejteknél, viszont a *Trachelomonas crebea* tenyészeiben több esetben is tapasztaltam, hogy a kisebb sejtek a nagyobbakkal szemben életképtelenebbek voltak, sőt hamarosan el is pusztultak.

Az egyesítő növények egyenlőtlen sejtosztódására vonatkozóan most bemutatott példák közt számos olyan található, amelyeket már régebben észleltem, sőt le is közöltem, ha nem is kimondottan az egyenlőtlen sejtosztódás szempontjából. Akkoriban ezek „kényelmetlen“ ellentmondásoknak mutatkoztak, hiszen ellentétben állottak az általános felfogással. Ezek akkoriban mint „rendellenességek“, inkább csak a valóság teljesebb ábrázolása céljából láttak napvilágot. Az egyenlőtlen sejtosztódás kérdése még ma sincs lezárva, sőt, az alaposabb kutatások csak most kezdődnek. De ma már nyilvánvaló, hogy ez a jelenség korántsem csak a citológia problémája, hanem genetikai és gerontológiai szempontból is jelentősnek látszik, ezért a jövőben mindinkább fokozódó érdeklődésre tarthat számot.

IRODALOM

- [1] BRUNNTHALER, J.: Protococcales. In Pascher's Süßwasserflora 5, p. 1—205, 1915.
- [2] BÜNNING, E.: Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie der Pflanze. Springer Verl., 1—464, 1948.
- [3] HUBER—PESTALOZZI, G.: Das Phytoplankton des Süßwassers, Euglenophyzeen. Binnewasser 16, 4, 1—606, 1955.
- [4] KISS, I.: Békés vármegye szikes vizeinek mikrovegetációja. I. Orosháza és környéke. Die Mikrovegetation der Natrongewässer des Komit. Békés. Folia Cryptogamica 4, p. 217—266, 1939.
- [5] KISS, I.: Az amitotikus sejtosztódás új formájáról. Biológiai Közl., 2, p. 83—92. 1954.
- [6] KISS, I.: Néhány Phacus-jelleg rendszertani értékéről. Annal. Biol. Univ. Szeged. 1, p. 73—90, 1950.
- [7] KISS, I.: Meteorobiológiai vizsgálatok a mikroszervezetek víz- és hóvirágzásában. M. Tud. Akad. Biol. és Agrártud. Oszt. Közl., 2, p. 53—100, 1951.
- [8] KISS, I.: A növényi mikroszervezetek vízvirágzásos tömegtermelésének összefoglaló vizsgálata. Szegedi Ped. Főisk. Évkönyve 1958, p. 23—56.
- [9] KISS, I.: Synoptische meteorobiologische Analyse der Massenproduktion einiger pflanzlichen Mikroorganismen. Acta Biologica Academiae Scientiarum Hungaricae 9, p. 318—342, 1959.
- [10] KISS, I.: Snow-blooms in the Caucasus. Botanikai Közlemények 68, p. 25—29, 1959.
- [11] KISS, I.: Verschiedene Formen der inäqualen Zellteilung bei einigen einzelligen Pflanzenarten. Acta Univ. Szegediensis 6, p. 58—70, 1960.
- [12] KISS, I.: Az inaequalis sejtosztódás új formája és a plasma nagymérvű granulálódása a Nautococcus-félék körében. Szegedi Ped. Főisk. Évkönyve 1960, p. 3—21.

- [13] Kiss, I.: Vizsgálatok a hazánkban észlelt Nautococcus-féléken. Szegedi Ped. Főiskola Évkönyve 1960, p. 23—38.
- [14] Kiss, I.: Az Ankistrodesmus-félék nagymérvű variabilitásáról, különös tekintettel a csomószerűen kiszélesedő (nodosus) sejtek képződésére. (kézirat).
- [15] Kiss, I.: A Phacus Wettsteinii nagymérvű variabilitásáról (kézirat).
- [16] Langerová, A.: K otázce nerovnocennosti buněk vznikajících dělením buněk mateřské. Československá Biologie 2, p. 15—24, 1953.
- [17] LANGEROVÁ, A.: O rozdílnosti reakce na ozáření u dceřinných buněk téže dvojice. Československá Biologie 3, 148—157, 1954.

ЧАСТОТА НЕРАВНОМЕРНОГО ДЕЛЕНИЯ КЛЕТОК В МИРЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

И. КИШ

1. Неравномерное деление наблюдается часто и у микроорганизмов, но оно может быть одной из основ не дифференциации, а изменчивости. Внимание автора было привлечено на неравномерное деление одноклеточных водорослей в 1931 году большой изменчивостью. Он очень часто наблюдал в 1934—35 гг. в естественных биосестоне и культурах неравномерное деление *Trachelomonas crebea* и *Tr. scabra*. Исследованные с такой точки зрения разновидности водорослей перечисляются в венгерском тексте.

2. Деления клеток часто неравномерны даже в том случае, если это и не бросается в глаза из-за определенных морфологических признаков. Но эти «скрытые» неравномерности могут стать очевидными при затруднениях жизнедеятельности, то есть под влиянием неблагоприятных условий. Автор наблюдал как морфологические (размеры, форма, строение), так и физиологические различия (нужное для нового деления время, жизнеспособность, раздражимость, осмотические отношения, интенсивность фотосинтеза).

3. Уже опубликованные данные упоминаются в венгерском тексте. Табл. 1. картна 1.: Клетка *mononodosus Ankistrodesmus* её узел фрагментируется на автоспоры различных размеров. Карт. 2.: Состояние палмеллы *Euglena gracilis*. Клетки пар клеток имеют неравномерные размеры. Четырехклеточный *Crucigenia triangularis* с клетками неравномерных размеров. Табл. II. Карт. 1—2.: В оболочке материнской клетки *Chlamydomonas incerta* клетки-потомки обладают различными размерами. Карт. 3—4.: Вегетативная клетка и неравномерное первое деление образования зооспоры *Chlamydomonas spec.* Карт. 5.: Неравномерное деление состояния глозоцистис *Chlamydomonas Steinii*. Карт. 6.: Одна из клеток-потомков *Euglena proxima* снова разделилась. Третье поколение отличается в размерах. Табл. 3. Карт. 1.: При делении *Phacus longicauda* отросток одной из клеток-потомков сперва «отрывается» и образуется короткая, но с острым отростком клетка. Карт. 2.: У вида *Phacus longicauda* образуется короткая, с тупым отростком клетка, потому что вдруг «сламывается» с другой. Карт. 3.: Клетка с коротким отростком предыдущего вида разделяется; клетка налево меньше другой. Карт. 4—6.: Экземпляры предыдущего вида. при образовании которых отросток сломился с другой клетки. Табл. IV. Карт. 1—2.: Четырехугольник *Euglena gracilis* в студенистой оболочке при «затрудненных условиях» микрокультуры подготовленной на предметном стекле. Верхняя правая клетка снова разделилась, две нижние клетки погибают. Хорошо видно различие в жизнеспособности двух клеток. Карт. 3.: Тройное деление *Euglena proxima*. Левая клетка снова разделилась (неравномерно!) Карт. 4.: Неравномерное деление узловатого *Ankistrodesmus*, стоящего между *Ankistrodesmus falcatus* и *Ankistrodesmus Braunii*. Правая клетка короче и выпячивается. Табл. V. Карт. 1.: Различные формы автоспор узловатого *Ankistrodesmus*. У клетки «е» уже оформились два различно развитых острия. Карт. 2—8.: Автоспоры предыдущего вида биоплярным ростом развиваются в ассиметрические вегетативные клетки с различными отростками. Карт. 9—12.: Неравномерные деления клеток предыдущего вида.

4. Между структуральными различиями автор исследует присутствие стигмы и жгутика, численные отношения пластидов и парампилов, а также степень грануляции

плазмы. На различия клеток-потомков с физиологической точки зрения наиболее часто и заметно указывает то, что их повторное деление производится чаще всего с значительной разницей времени. В случае четырехугольников бросается в глаза, что дезорганизация клеток не наступает сразу, но с большими разницеми во времени, что указывает на то, что четыре клетки не реагируют одинаково на неблагоприятные условия, что они не одинаково «резистентны к ним». Клетки потомки *Trachelomonas* и *Strombomonas* после деления материнской клетки не реагируют одинаково на свет. Реакция наблюдается сперва у клетки с жгутиком. У *Phacus orbicularis* и *Phacus triquet* автор часто нашел такие клетки, у которых один из потомков показал большую всеченность, а у другого же не было ни следа этого. Для исследования возможных различий в фотосинтезе, автор применял так называемый опыт Энгельмана. Но получаемые результаты колебались.

5. Автор исследует и теории, относящиеся к причинам неравномерного деления клеток. Взгляды, относящиеся к различиям в возрасте клеток в определенных случаях применимы и к водорослям. В этой работе автор анализирует более подробно сообщения о полярности клеток на основе наблюдаемого материала. Полярный характер роста наблюдался главным образом у узловатых форм различного типа автоспор *Ankistrodesmus*. Неравномерный рост отростков развивающегося узловатого *Ankistrodesmus* указывает на то, что факторы, управляющие ростом, не распределены одинаково в клетке. Где появляется узел, там вещество, регулирующее рост, может присутствовать в большем количестве.

6. Что касается роли неравномерного деления клеток, можно установить, что оно повышает изменчивость и у водорослей. Можно предполагать, что в возникновении части мутаций может играть роль и наследственно неравномерное деление. Кажется, что неравномерное деление разделяет, особенно при помощи образования четырехугольников наиболее жизнеспособные или меньше и совсем неспособные к жизни клетки, что образующее четырехугольник двойное неравномерное деление как бы отделяет способную к делению часть плазмы от части, менее, или неспособной к делению и таким образом способность к делению повышается и возобновляется.

HÄUFIGKEIT DER UNGLEICHEN ZELLTEILUNG IN DER WELT DER PFLANZLICHEN MIKROORGANISMEN

Von

I. KISS

1. Die ungleiche (inäquale) Teilung kommt auch unter den Mikroorganismen häufig vor, kann aber nicht Grund der Differenzierung, sondern einer der Gründe der Variabilität sein. Meine Aufmerksamkeit wurde in 1931 durch die große Variabilität auf die ungleiche Teilung der einzelligen Algen gelenkt (*Euglena*, *Phacus*, *Trachelomonas*). Ich fand in 1934—35 die ungleiche Teilung von *Trachelomonas crebea* und *Tr. scabra* in natürlichem Bioseston und in Kulturen sehr häufig. Die von diesem Gesichtspunkt untersuchten Algenarten habe ich in dem ungarischen Text aufgezählt.

2. Die Zellteilungen sind häufig auch dann ungleich, wenn es auffallende morphologische Merkmale nicht verraten. Diese „versteckten“ Ungleichheiten werden aber unter „erschwerenden“ Lebensbedingungen, d. h. unter dem Einfluß von ungünstigen Verhältnissen offenbar, sie werden gleichsam „hervorgerufen“. Ich habe morphologische (Maß, Form, Aufbau) und physiologische Verschiedenheiten desgleichen (bis zur neueren Teilung nötige Zeitdauer, Vitalität, Reizbarkeit, osmotische Verhältnisse, Intensität der Photosynthese) beobachtet.

3. Die schon publizierten Daten erwähne ich im ungarischen Text. Hier beschreibe ich nur die Bilder der Tafeln.

Tafel I, Bild 1: Mononodöse *Ankistrodesmus* Zelle, der entwickelte Nodus fragmentiert in verschieden große Autosporen. Bild 2: Palmella-Zustand von *Euglena gracilis*. Die Zellen der Zellpaare sind inäqual in den Maßen. Bild 3: *Crucigenia triangularis*, vierzelliges Zönobium mit inäqualen Zellmaßen. Tafel II, Bild 1—2: *Chlamydomonas incerta*, die Nachkommzellen in der Hülle der Mutterzelle sind von verschiedener Größe. Bild 3—4: Inäquale erste Teilung der vegetativen Zelle und der Zoosporenbildung von *Chlamydomonas spec.* Bild

5: Ungleiche Teilung des Gloeocystis-Zustandes bei *Chlamydomonas Steinii*. Bild 6: Die eine Nachkommezelle von *Euglena proxima* hat sich von neuem geteilt. Die „Enkel“ zellen unterscheiden sich in den Maßen. Tafel III, Bild 1: Bei der Teilung von *Phacus longicauda* „spaltet“ sich der Fortsatz der einen Nachkommezelle früher ab, es entsteht eine Zelle mit kurzem aber spitzem Fortsatz. Bild 2: Bei der vorigen Art kommt eine Zelle mit kurzem, eine mit stumpfem Fortsatz zustande, weil das eine Individuum vom anderen plötzlich „abbricht“. Bild 3: Ein Individuum der vorigen Art teilt sich; die Körperfläche der linken Nachkommezellen ist kleiner. Bild 4—6: Exemplare der vorigen Art, bei deren Entstehung der Fortsatz von der anderen Zelle „abgebrochen“ war. Tafel IV, Bild 1—2; Viererzelle der *Euglena gracilis* mit Gallerthülle aus einer auf Objektträger, also unter „erschweren“ Bedingungen angelegten Mikrokultur. Die rechtsseitige obere Zelle hat sich wiederholt geteilt, die beiden unteren Zellen waren im Absterben. Der Unterschied in der Vitalität kann gut beobachtet werden. Bild 3: Dreifache Teilung von *Euglena proxima*. Die linke Nachkommezelle hat sich wiederholt geteilt (inäqual!). Bild 4: Inäquale Teilung des zwischen *Ankistrodesmus Braunii* und *A. falcatus* stehenden nodösen *Ankistrodesmus*. Die rechtsliegende Nachkommezelle ist kürzer und ausgebaucht. Tafel V, Bild 1: Verschiedenförmige Autosporen des nodösen *Ankistrodesmus*. Bei der Zelle „e“ haben sich die beiden verschieden entwickelten Spitzen schon ausgebildet. Bild 2—8: Die Autosporen der vorhergehenden Spezies entwickeln sich durch bipolares Wachsen zu (asymmetrischen) vegetativen Zellen mit ungleichen Fortsätzen. Bild 9—12: Inäquale Zellteilungen der vorhergehenden Spezies.

4. Von den strukturellen Verschiedenheiten untersuche ich das Vorhandensein von Stigma und Flagellum, die numerischen Verhältnisse der Plastiden und der Paramylen, sowie die Granulation des Plasmas. Auf die physiologische Verschiedenheit der Nachkommezellen weist am häufigsten auffallendsten der Umstand hin, daß ihre wiederholte Teilung zumeist mit bedeutenden Zeitunterschieden eintritt. Im Falle der Viererzellen ist es auffällig, daß die Desorganisation der Zellen nicht zugleich, sondern mit großen Zeitunterschieden eintritt, was darauf hinweist, daß die vier Zellen auf die ungünstigen Verhältnisse nicht gleich reagieren, daß sie denen gegenüber nicht gleich „resistent“ sind. Nach der Teilung der Mutterzelle reagieren die Nachkommezellen von *Trachelomonas* und *Strombomonas* ungleich auf das Licht. Zuerst ist das Reagieren bei der mit Flagellen versehenen Zelle zu beobachten. Bei *Phacus orbicularis* und *Ph. triqueter* habe ich häufig in Teilung befindliche Zellen gefunden, bei denen der eine Nachkomme starke Insektiertheit zeigte, bei dem anderen dagegen keine Spur davon war. Bei der Untersuchung der eventuellen Unterschiede in der Photosynthese habe ich das sog. ENGELMANN-sche Experiment benützt. Die Erfahrungen waren aber weniger eindeutig zu erklären.

5. Wir untersuchen auch die auf den Grund der inäqualen Teilung der Zellen bezüglichen Auffassungen. Die Auffassung, die den Unterschied im Lebensalter der Zellen als Ursache annimmt, ist auch bei den Algen anwendbar. Bei der jetzigen Gelegenheit untersuche ich die auf die Polarität der Zellen bezügliche Auffassung auf Grund meines diesbezüglichen Beobachtungsmaterials eingehender. Den polarisierten Charakter des Wachstums habe ich besonders bei verschieden geformten nodösen Autosporen von *Ankistrodesmus* beobachtet. Das ungleiche Wachsen der Fortsätze des in Entwicklung stehenden nodösen *Ankistrodesmus* weist darauf hin, daß die das Wachstum regelnden Faktoren in der Zelle nicht gleichmäßig verteilt sind. Wo sich ein Knoten bildet, dort mag der das Wachstum regelnde Stoff in gesteigertem Maße vorhanden sein.

6. In Bezug auf die Rolle der inäqualen Zellteilung kann festgestellt werden, daß diese auch bei den Algen die Variabilität erhöht. Es ist anzunehmen, daß bei der Entstehung eines Teiles der Mutationen auch die erbliche ungleiche Teilung eine Rolle spielt. Es scheint, daß die inäquale Zellteilung besonders durch Bildung von Viererzellen die lebensfähigsten Zellen von den weniger lebensfähigen oder lebensunfähigen trennt, daß die, die Viererzelle hervorbringende zweimalige inäquale Teilung gleichsam den teilungsfähigen Plasmateil von dem weniger teilungsfähigen oder zur Teilung unfähigen Teil trennt, und die Teilungsfähigkeit so stärker wird oder sich erneuert.